الهندسة الوراثية وتطبيقاتها

حسن عزالدين بلال

رئيس مجلس الإدارة

الدكتورة لبانة مشوّح وزيرة الثقافة

المدير المسؤول - المديرالعام: **الدكتور وضّاح الخطيب**

رئيس التحـــريـــــــر: **قحطان الطلاع**

الإشـــراف الطباعـي: أنس الحسن

مقدمه

ساهمت الهندسة الوراثية وعلم النانو والاتصالات والمعلومات والفضاء والطاقة والإدارة والبيئة وغيرها في إحداث الثورة العلمية الثالثة التي نعيشها الآن، ولا ندري كم من العقود ستدوم، لأن الأحداث العلمية تتوالى بسرعة فائقة، والإنجاز الذي تحقق في العقد الأول من هذا القرن، يفوق من حيث الكيف والكم والقيمة ما أنجزته مئات سنين خلت، ويعود ذلك إلى عدد العلماء العاملين بالبحث العلمي والتقاني والفضائي والإمكانيات المتاحة لهم.

إننا نعيش ثورة الهندسة الوراثية، حيث المنافسة الدولية على أشدها لامتلاك أسرار هذه التقنية، وخصوصا بعد أن نجح العلماء بالتحكم بمادة الحياة وهي المورثات (الجينات)، التي تحمل الصفات الوراثية للكائنات الحية، بهدف الحصول على كائن جديد، يمكن اعتباره إبداعاً يستحق براءة اختراع.

إن الهندسة الوراثية هي بمثابة العمود الفقري لأمن الدول وتفوق اقتصادها في المستقبل القريب، من خلال تطبيقاتها المتنوعة في الطب والصناعة والزراعة وتلوث البيئة والأمن وغيرها .

وليس من شك في أن من ينجز هذه التطبيقات، سوف يتحكم في مصير العالم.

لذا علينا نحن العرب أن لا نبقى أسرى تراث من الأفكار القديمة، بل يجب أن نعيش مرحلة التحدي التي تصنع الحضارة، كما قال أهم مؤرخ للحضارات في العصر الحديث البريطاني أرنولد تومبي: (التحدي أساس الحضارة)، وذلك بإقامة مراكز الأبحاث والتدريب المستمر للكوادر على تقنيات هذا العلم، التي تتطور باستمرار، وتوفير المال اللازم لذلك، والابتعاد عن البيروقراطية في عمل تلك المراكز، قبل أن نتحول إلى ضحايا لهذه التقنية الحديثة، ومتفرجين لنهب ثروتنا الجينية.

لماذا نبدأ بالنباتات ؟

لقد بدأت دراسة علم الوراثة من النباتات، عندما أجرى الراهب النمساوي غريغور مندل (١٨٢٢ – ١٨٨٤) أول تجاربه على نبات البازلاء، حيث وضعت نتائج تجاربه أسس علم الوراثة، وكانت تجربته الأولى هي زراعة بذور نباتات البازلاء من نوعين طويلة الساق وقصيرة الساق في مكانين مختلفين، وتركها تتلقح ذاتيا لأجيال عدة، حتى أصبحت سلالة صافية، أي تكرر ظهور صفة الطول في نباتات البازلاء الطويلة الساق جيلاً بعد جيل، وتكرر ظهور صفة القصر في نباتات البازلاء القصيرة الساق جيلاً بعد جيل، ثم قام بمزاوجة خلطية لتلك الصفتين الصافيتين، وذلك بنقل حبات الطلع من الأسدية الذكرية لنباتات البازلاء طويلة الساق إلى المياسم الأنثوية لنباتات البازلاء قصيرة الساق، بعد أن نزع منها أسديتها قبل نضجها، ثم غلفّها بكيس مسامي لمنع دخول أي حبات طلع غريبة إليها.

أنتج التزاوج الخلطي بذوراً زرعها مندل في السنة التالية، فجاء الجيل الأول بأكمله نباتات طويلة الساق،

ثم تركها تتزاوج ذاتيا، فكانت النتيجة في الجيل الثاني أن ٧٥٪من النباتات ذات ساق طويلة و٢٥٪منها ذات ساق قصيرة.

كيف فسر مندل هذه النتائج ؟

صفة الطول وأي صفة أخرى عندما تنتقل من جيل إلى آخر، يتحكم فيها عاملان وراثيان قادمان من الأبوين، ندعو كل عامل منهما عروساً.

صفة الطول التي ظهرت في الجيل الأول، هي صفة سائدة، لكنها غير صافية أي هجينة، بينما صفة القصر التي لم تظهر في الجيل الأول، وظهرت في الجيل الثاني فهي صفة صافية ومتنحية.

ومن هذه النتائج والتفسيرات، صاغ مندل قانونه الوراثي الأول، الذي سمي (قانون انفصال الصفات) وينص على ما يلي:

إن عاملي أي صفة وراثية، سواء أكانا متماثلين أو مختلفين، ينفصلان عن بعضهما البعض، ويذهب كل منهما إلى عروس عند تشكل الأعراس.

تابع العالم مندل تجاربه، فاختار بذوراً ذات صفتين، الصفة الأولى هي اللون إما أصفر أو أخضر، والصفة الثانية شكل البذور فأما شكل البذور أملساً أو مجعّداً، وأجرى تهجيناً بين سلالة صافية من بذور صفراء ملساء وسلالة صافية من بذور خضراء مجعدة، فكانت نتيجة الجيل الأول جميعها بذوراً صفراء ملساء، استنتج مندل أن صفتي اللون الأصفر والشكل الأملس سائدتان.

أما نتائج الجيل الثاني، فكانت ظهور سلالات جديدة من البذور الصفراء المجعدة والخضراء الملساء، ففسر مندل نتائج الجيل الثاني، بعدم وجود ارتباط بين صفتي اللون والشكل، وإلا لما ظهرت بذور صفراء مجعدة وخضراء ملساء، وهذا ما عبر عنه بقانونه الثاني (استقلال الصفات) الذي ينص على ما يلي:

إن العوامل الوراثية لا تؤثر ببعضها البعض، وتنتقل من جيل إلى آخر بشكل مستقل.

وباختصار أنجز مندل تجاربه البارعة، وتمكن من وصف آلية انتقال وانفصال واستقلال العوامل الوراثية

من خلال قانونيه، لكنه فيما بعد اكتشف ارتباط بعض العوامل الوراثية ببعضها البعض.

إن قانوني مندل السابقين تمت إعادة اكتشافهما من قبل العالم دي مرير وآخرين عام ١٩٠٠، عندما أكدوا إمكانية تطبيقهما على الوراثة في الإنسان ،ثم طورهما كل من العالمين ستون وبوفري عندما أوضحا أن العوامل الوراثية التي استخدمها مندل في قانونه الأول ما هي إلا المورثات (الجينات)، التي تنتقل من الآباء إلى الأبناء، دون أن يطرأ عليها أي تغيير، وان تفاعل المورثات مع بعضها البعض، يؤدي إلى تعديل النسب التي توصل إليها مندل بقانونه الأول في الهجونة الأحادية وبقانونه الثاني في الهجونة الثنائية، ووفق هذه النتائج تم تعريف علم الوراثة: بأنه العلم الذي يبحث في كيفية انتقال المعلومات الوراثية، التي تحملها المورثات من جيل إلى آخر، ودراسة تركيب ووظائف وسلوك هذه المورثات.

وقد عرف أيضاً العالم ستيفر جونس علم الوراثة ،بأنه مثل اللغة، كيان من المعلومات ينتقل من جيل إلى آخر، مفردات هذه اللغة هي المورثات، ولها طرقها

وتعليماتها لتنظيم المعلومات الوراثية، حتى نصبح بشراً، وليس كائنات حية أخرى.

لقد أخذت النباتات أهميتها في دراسة علم الوراثة لأنها كائنات حية تؤمن للإنسان وآكلات الأعشاب من الحيوانات الغذاء والطاقة، من خلال تصنيعها لغذائها بنفسها بعملية تسمى التركيب الضوئي، والتي تحتاج إلى الماء الذي تمتصه جذور النباتات من التربة، وإلى غاز ثاني أكسيد الكربون الذي تمتصه أوراقها من الهواء الجوي، وإلى الضوء القادم من الشمس للمساعدة في تحول المواد السابقة إلى سكريات، ومن ثم إلى بروتينات ودهون، تختزن في الثمار والبذور، ويرافق هذه العملية الكيميائية انطلاق غاز الأكسجين الذي يغني الهواء والضروري لاستمرار حياة الكائنات الحية من إنسان وحيوان ونبات وكائنات مجهرية لا ترى إلا بالمجاهر وهذا سبب تسميتها وقد اهتمت الهندسة الوراثية بهذه الكائنات، وسعت لتخليص الإنسان من الأمراض الوراثية، وحلت مشكلة استبدال الأعضاء التالفة منه بزرع مورثاتها في الحيوانات، وعملت على تحسين إنتاجية الحيوانات والنباتات كماً ونوعاً بتعديلها

وراثياً، وأبعدت المورثات الضارة من الكائنات المجهرية، وإضافة المورثات المفيدة إليها، ولأنها تتكاثر بسرعة فقد حوّلتها الهندسة الوراثية إلى معامل صغيرة، تنتج البروتين البشري واللقاحات والهرمونات والمضادات الحيوية، ونظراً لأهمية الكائنات المجهرية في الهندسة الوراثية، نذكر بعضاً من أنواعها وهي:

١- **الجراثيم** تلعب الجراثيم النافعة دوراً هامّاً في حياة الإنسان والنبات والحيوان لأنها تساهم في تسهيل الهضم، وإيصال النتروجين الجوي إلى النباتات التي لا تستطيع استخدامه والاستفادة منه مباشرة من الهواء، والتجبن، وتنظيف البيئة الأرضية من الكائنات الحية الميتة بتحليلها إلى مواد بسيطة يسهل امتصاصها من قبل النباتات، ولا ننسى بأنها تسبب للإنسان والحيوان الكثير من الأمراض.

٢ - **البكتريا** التي تملك خلية واحدة، وهي أنواع منها الضار الذي يسبب الإسهال وآلام المعدة والأمعاء، ومنها النافع الذي يساعد على الهضم وتثبيت النتروجين الجوي وتحويله إلى بروتينات، كما وتحلل الكائنات الميتة وتحولها إلى مركبات بسيطة تعيد للتربة شبابها،

ويمتصها النبات ليتغذى عليها، وتعطيه الحياة من جديد وللبكتريا أشكال متعددة تستطيع إحاطة نفسها بجدار سميك لمدة طويلة، و متى تحسنت الظروف المحيطة بها تكاثرت بسرعة كبيرة.

٣ - **الفيروسات** أصغر بكثير من البكتريا لا ترى بالمجهر العادي، بل ترى بالمجهر الإلكتروني، ولا تستطيع العيش مستقلة عن بقية الكائنات الحية، وتتكون من حمض نووي، وغلاف من البروتين يعطيها شكلها، يتخلل هذا الغلاف شريط واحد من المورثات (الجينات) الفيروسية، وعندما تدخل خلية من خلايا الإنسان تعمل في الحال على إرسال معلومات تجبر تلك الخلية على إنتاج العديد من الفيروسات، التي تغدوا بدورها خلايا سليمة أخرى وتقضي عليها، لذا تسبب لغيرها العديد من الأمراض، نذكر منها الجدري والإيدز وشلل الأطفال والزكام الذي يعالج بدون فائدة تذكر بالمضادات الحيوية نظراً لأن الفيروسات أنتجت أجيالا تقاوم تلك المضادات.

٤ - **الفطريات** توجد الفطريات في كل مكان على وجه التقريب، وتعتمد على غيرها في الحصول على غذائها،

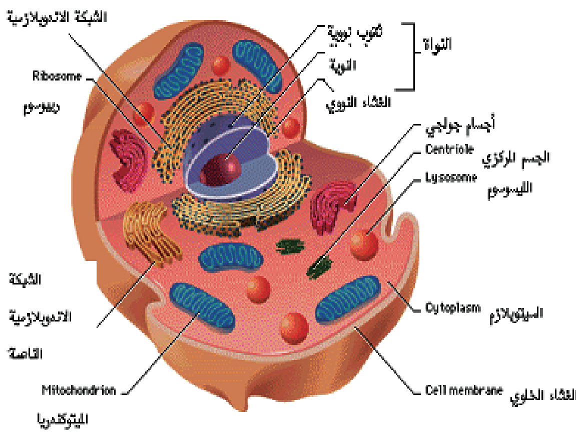
وتتكاثر لتحافظ على بقائها، عديدة الخلايا والأنواع، يوفر أكثرها الغذاء للإنسان ويعد عفن الخبز مثالا كثير التداول عليها.

ساهمت في إنتاج البنسلين ومشتقاته، وتفرز عصارة تعمل على تحليل المواد العضوية المركبة إلى مواد عضوية بسيطة، لكي تتغذى عليها وتستفيد منها النباتات المجاورة لها.

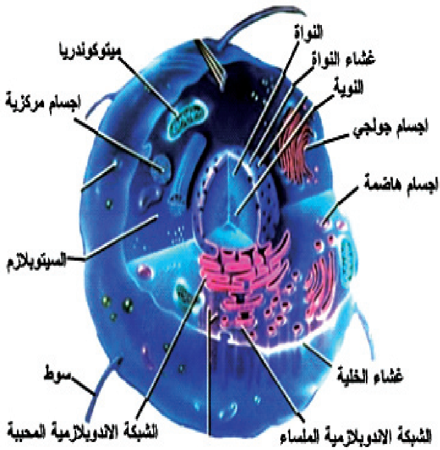
إن أغلب الكائنات الحية السابقة تتكون من خلية واحدة كما في البكتريا، و من عدد هائل يصل إلى مئة تريليون خلية أي (مليون مليون) خلية كما هو الحال في الإنسان، وهذه الخلايا متشابهة إلى حد بعيد واختلافاتها البسيطة هي السبب الرئيسي لتنوعها الكبير في الشكل والوظيفة، وهي متناهية في الصغر لا نراها بالعين المجردة، لكن ما أن نفرك يدينا حتى تتجمع آلاف الخلايا الميتة وتلتصق ببعضها البعض مكونة كتلة نراها تنفصل عن جلدنا لتحل محلها خلايا جديدة من طبقات الجلد الداخلية فهي إذاً دائمة النمو والانقسام وتعمل على حماية جلدنا من الأشعة

والمكروبات طيلة مدة حياتها القصيرة التي تتراوح بين أيام وأسابيع.

إذاً فالخلية التي رآها العالم الإنكليزي روبرت هووك (١٦٣٥ – ١٧٠٣) لأول مرة في مجهر صممه بنفسه كانت مليئة بالفجوات الصغيرة لكن مع تطور صناعة المجاهر أثبت العلماء أن الخلية سواء أكانت نباتية كما في الشكل (١) أو حيوانية كما في الشكل (٢) .



الشكل (١)



الشكل (٢)

هي الوحدة الأساسية لبناء جميع هذه الكائنات الحية، لأن تكاثرها وعملها المنظم والمتقن والمتعاون مع غيرها من الخلايا، مسؤول عن نموّنا وتنفّسنا وحركتنا، وتذكرنا لأحداث مرت بنا باختصار إنها أصغر كتلة حية تستطيع أن تعيش منفردة، وبتكاثرها تحفظ النوع وبعملها مع أخواتها الخلايا تستمر حياة جميع الكائنات الحية. لذا يمكن تشبيهها بمنشأة صناعية محاطة بجدار عبارة عن غشاء رقيق يحميها من الوسط الخارجي، ويحافظ على شكلها، ويتكون

من طبقة دهنية تتخللها بروتينات متنوعة الشكل والوظيفة، تتحكم بالداخل والخارج من الخلية، فهي تسمح بدخول الماء والغذاء من دهون وسكريات وخروج للفضلات، وتمنع دخول البروتينات والمخلفات الموجودة في الدم وغيرها، وهذا يشبه عمل رجال أمن المنشأة الصناعية الواقفين على بابها الخارجي، يسمحون ويمنعون القادمين إليها وفق أنظمة يطبقونها. وكما للمنشأة الصناعية موادها الأولية التي تحولها إلى سلع، وتحتاج إلى طرق لإيصالها للمستهلك، فإن للخلية موادها الأولية أيضا، والتي تتحرك في أرجائها، وترافق هذه الحركة آلاف التفاعلات الكيميائية وتوجه نواتج هذه التفاعلات بنظام دقيق إلى الأماكن المحددة لها، سواء أكانت داخل الخلية أم خارجها، عبر شبكة من الأنابيب الدقيقة جدا كالشعيرات، والتي تعم جميع أرجاء الخلية، وإذا نظرنا بالمجهر الإلكتروني داخل الخلية فإننا نرى أجهزه متعاونة كأجهزة المنشأة الصناعية لكنها متناهية في الصغر، وتعد بالآلاف تسبح في سائل جله من الماء، يطلق عليه سيتوبلازم، ولها أشكال مختلفة ووظائف مختلفة تسمى (العضيات)، بعضها يولد الطاقة من أكسدة المواد الغذائية المحيطة

بالخلية بهدف بناء ما تلف من أجزائها، وعندما تتوقف عملية الأكسدة أي توليد الطاقة تموت الخلية وتلتهمها الخلايا الآكلة، والبعض الآخر منٍ هذه العضيات يهضم الطعام ويخزن الفضلات تمهيداً لطرحها خارج الخلية، ويصنّع بروتينات جديدة، تضاف إليها السكريات وتعبأ بفقاعات غشائية، وتشحن إلى مكانها الدائم داخل الخلية، التي يتوسطها شكل كروي يتحكم بعملها يسمى النواة التي تقوم بتوجيه وضبط جميع العمليات الكيمائية الحيوية في الخلية من خلال قائدها فمن هو؟

القائد الذي يحكم الخلية؟

إنٍ هذا القائد يسكن نواة الخلية، ولا يخرج منها أبداً، يصيغ القرارات ويرسلها إلى جميع أرجاء الخلية لتنفيذها حرفيا، وهو يتحكم في نشاط الخلية ومسار حياتها ووظائفها وخصائصها وأنواع أنزيماتها وحياة الكائنات الحية التي تتكون منها، لأنه يحتوي على مخزونها الوراثي، الذي يرثه أي كائن حي من أبويه وأجداده، والذي يحدد فيما إذا كان أي كائن حي قادم، هو إنسان أو شجرة أو حيوان أو فيروس.

وباختصار فإن هذا المخزون الوراثي يحدد كل الصفات الظاهرية والباطنية لأي كائن حي مهما كان نوعه ومعلوماته الوراثية الموجودة في الـ (د. ن.أ) ذات الخصائص التالية:

١- ثباته لتحافظ على صفات النوع.

٢- تتكاثر ذاتيا لتنتقل من خلية إلى أخرى ومن جيل إلى آخر.

٣- تخزن في (د ٠ن٠أ).

٤- يتم ترجمة هذه المعلومات الوراثية المخزنة بعد الإخصاب إلى جنين.

٥- تتغير لتحدث طفرة، وهذا يؤدي إلى التنوع ،ولولا هذا التغير لكان كل البشر نسخاً متطابقة لآدم وحواء، وإذا ما حدث لهم وباء فيروسي، ولا يملكون مورث مضاد له، فإنهم سيموتون جميعاً، لكن الذي يحدث هو أن بعض البشر، يموتون والبعض الآخر يستمرون في الحياة للحفاظ على النوع البشري لوجود مورث، يقضي على الفيروس المهاجم.

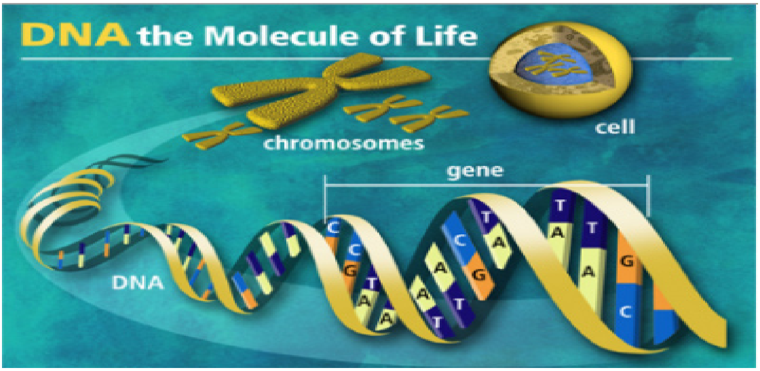
إن القائد الذي يتمتع بكل هذه الصلاحيات، هو الشريط الوراثي (د. ن. أ) أو (DNA) وهذه الحروف أخذت من أوائل الكلمات الإنكليزية التالية: Deoxyrio Nucleic Acid والتي تعني بالعربية (الحامض النووي المؤكسد).

فما هو تركيب (د. ن. أ)؟

(إننا اكتشفنا سر الحياة)، هذا ما قاله: العالم البيولوجي الشاب الأمريكي الأصل جيمس واطسون لأستاذه العالم الفيزيائي البريطاني فرانسيس كريك، عندما وضع أول نموذج لجزيء (د. ن. أ)، يبين تركيبه وبنيته ثلاثية الأبعاد عام ١٩٥٣.

وقد نال كل من العالمين جائزة نوبل عام ١٩٦٢، لهذا الاكتشاف الذي كان ثمرة تعاون بين البيولوجيا والفيزياء، واعتبر أهم اكتشاف في القرن العشرين، عندما بينا أن جزيء (د. ن. أ) أساس للمادة الوراثية وأنه يتكّون من سلسلتين متقابلتين من النيوكلوتيدات، تشبهان سلماً طويلاً ملتوياً، تلتفان حول بعضهما البعض لفة واحدة كل عشرة نيوكلوتيدات، ويبلغ طول

كل نيوكليد منها ٣٤.٠ نانو[١] متر، ويتألف من ثلاث وحدات متراصة بجوار بعضها البعض، تتكرر باستمرار لتشكل جزيء الـ (د. ن. أ) كما يوضح الشكل (٣).



الشكل (٣)

وهذه الوحدات هي:

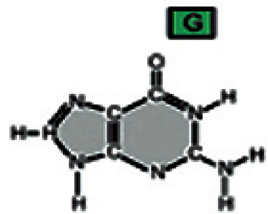
أ- مجموعة فوسفات.

ب- سكر الريبوز منزوع الأكسجين.

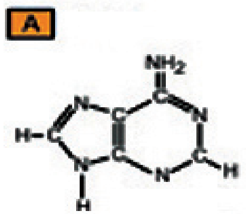
جـ- أربع قواعد نتروجينية عضوية، تتكرر مئات الملايين من المرات، هي (جوانين - أدنين - ثيامين -

١-النانو وحدة قياس فيزيائية للأطوال الصغيرة جداً، وهو جزء من مليار (ألف مليون) من المتر.

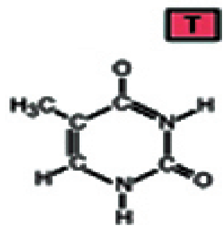
السيتوزين) وصيغها الكيمائية البنائية كما في الأشكال (٤، ٥، ٦، ٧).



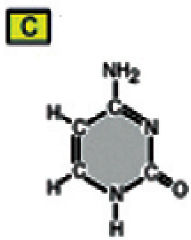
الشكل (٤)



الشكل (٥)

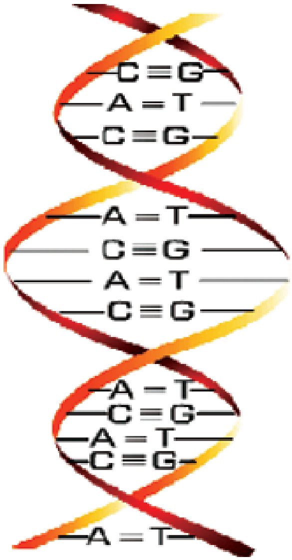


الشكل (٦)



الشكل (٧)

ويرمز لكل قاعدة بالحرف الأول من اسمها أي (G – A – T – C)، وترتبط مع بعضها البعض بخمس روابط هيدروجينية متكررة (اثنتان بين الأدنين A والثايمين T وثلاث بين السيتوزين C والغوانين G) كما في الشكل (٨).

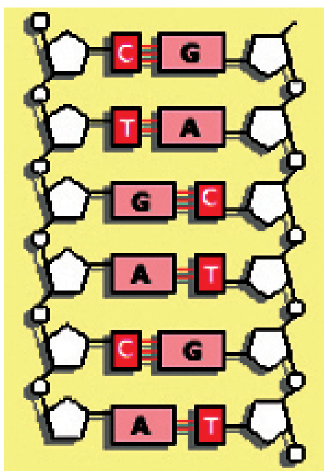


الشكل (٨)

إن الحروف الأربعة التالية (G - A - T - C) تكوّن لغة كيميائية خاصة لجميع الكائنات الحية، وتغيير ترتيب وتتابع حروف قواعدها البالغة ٣،٢ مليار، يحدد نوع الكائن الحي (شيفرته الوراثية)، تماماً كما في أي لغة في العالم، فإن تغير ترتيب حروفها يشكل الكلمات والجمل التي لها دلالة ومعنى، لمن يستطيع قراءتها.

إن الوحدات الثلاث (مجموعة الفوسفات والسكر والقواعد النتروجينية)، تشكل جانبي سلم الـ (د. ن. ا)، كما تشكل الروابط الهيدروجينية درجاته، بحيث يصل طوله المترين في الخلية الواحدة، لكنه يلتف حول نفسه داخل نواتها، حتى يتناهى إلى طول لا يتعدى جزءاً من مليون من الميلي متر، وبما أن جسم الإنسان يحتوي على مئة ألف مليار خلية، فان طول هذا السلم يصبح: ٢× مئة ألف مليار متر= ٢٠٠ مليار كيلومترٍ، وهذا الطول كاف ليلف الكرة الأرضية مليون مرة تقريباً.

إن شكل (د. ن. أ) الحلزوني المجدول كحبل فولاذي، يدعّم ويقوي جانبي السلم، ويساعد في القوة والتدعيم الروابط الهيدروجينية التي تمثل درجاته كما في الشكل (٩)



الشكل (٩)

وهذا ما يجعله من أصلب الجزيئات في الطبيعة، وبالتالي يؤهله ليكون الأساس الأول للهندسة الوراثية، كما أن معرفة بنيته توضح الآلية التي ينسخ بها نفسه، أي يتضاعف وفق الصورة المبسطة التالية:

يستخدم أحد الأنزيمات لقطع درجات سلمه المتمثلة بالروابط الهيدروجينية، ليصبح نصفين متساويين.

تعمل السكريات ومجموعات الفوسفات في إعادة بناء النصفين السابقين، لنحصل في النهاية على جزيئي (د. ن. أ) متطابقين، وكأن أحدهما استنسخ الآخر، وهكذا تتم عملية التكاثر في أغلب خلايا الكائنات الحية بأناقة تامة، حتى تستمر في حياتها، وتحافظ على نوعها ومادتها الوراثية، التي تنتقل من جيل إلى آخر.

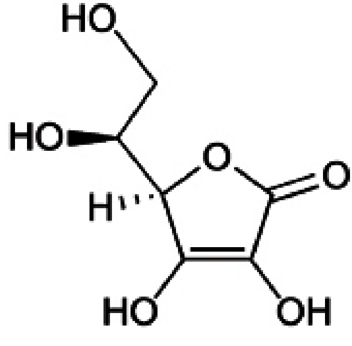
جزيء (ر. ن. أ)

يعتقد العلماء أن الحياة على الأرض بدأت بهذا الجزيء، بعد أن أنتجته مورثة ما، منذ ما يزيد عن أربع مليارات من السنين، حيث كان عمر الأرض

وقتئذ حوالي نصف مليار سنة، وأن جزيء (د. ن. أ) نشأ منه، ومما يؤكد صحة هذا الاعتقاد.

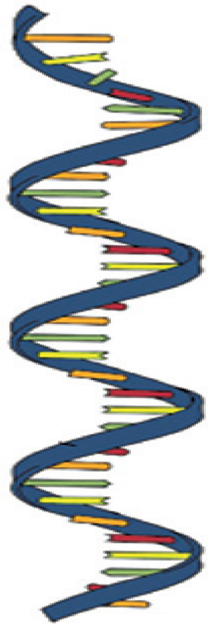
العثور على أول جزيء من (د. ن. أ) في مستحاثة عمرها حوالي ٣،٧ مليار سنة. ب- قدرة جزيء (ر. ن. أ) على استنساخ نفسه مثلما يفعل (د. ن. أ) ونقل المعلومات الوراثية من جيل إلى آخر بواسطة مورثاته (جيناته) الخاصة، التي ينظم عملها ويصحح أخطاءها.

ت- التشابه الكبير في البنية الكيميائية والوظيفة بين (ر. ن. أ) و (د.ن. أ)، إذ أن كل منهما يحتوي في جزيئه على الفوسفات والسكر والقواعد الأربع، ولكن (ر. ن. أ) لا يحتوي على قاعدة الثيامين، بل يحتوي على قاعدة اليوراسيل كما في الشكل (١٠).



الشكل (١٠)

وسلمه برجل واحدة فقط كما في الشكل (١١).



الشكل (١١)

فهو إذا أقل حجماً وأقصر طولاً من (د. ن. أ)، وله أكثر من ثلاثين ألف نوع تنتجها مورثاتنا، وتترجم في النهاية إلى ملايين البروتينات.

إن وظيفة (ر. ن. أ) الأساسية هي حمل أي رسالة وراثية من الجزيء (د. ن. أ) إلى الريبوسومات في

السيتوبلازم لصناعة البروتينات، لأنه قادر على العبورٍ من خلال الثقوب الصغيرة جدا لجدار النواة، نظراً لصغر جزيئه بالمقارنة مع جزيء الـ (د. ن. أ)، أي أنه يشابه عمل قرص مدمج، يعطي التعليمات لجميع آلات معمل ما للقيام بعملها على أكمل وجه.

البروتينات:

هي اسم لأحد آلهة اليونانيين القدماء، وكان هذا الإله في أساطيرهم قادراً على أخذ آلاف الأشكال الغريبة، حتى يتمكن من الهروب ممن يطاردونه. والبروتيناتٍ جزيئات كبيرة سريعة التبدل، ولها أنواع كثيرة جداً، وهذا يفسر دلالة اسمها، وقد تلت البروتينات جزيء (ر. ن. أ) في الظهور على الأرض، حيث ساهم في تكوينها، بما يحتويه من مورثات، وتلاهما في الظهور على الأرض جزيء (د. ن. أ). وسنتناول فيما يلي نوعين هامين من البروتينات وهما:

أ- البروتينات التي تعمل كأنزيمات (حافزات): وهي ذات سطح كروي ملتف، تعمل على تسريع مجمل التفاعلات الكيميائية الحيوية داخل الخلية، دون أن

تؤثر على نتائجها، أو تعكس اتجاهها، كما وتنشط المورثات (الجينات) للقيام بعملها على أكمل وجه.

وأول من استخدم هذه الأنزيمات العالمين وارن وهاملتون سميث عام ١٩٦٧، لقص جزيء (د. ن. ا) للجراثيم في المختبر، وفي أمكنة محددة منها وإعادة لحمها، لتكوين جزيء حر يحميه.

ب- البروتينات التي تتكون خارج النواة في السيتوبلازما: وهي تتكون بنزع جزيء ماء من أي حمضين أمينيّين، حيث أن عدد الأحماض الأمينية في الطبيعة لا يتعدى عشرين حمضاً أمينياً، لكن العلماء قاموا بتصنيع العديد منها في المعمل، بحيث وصل عددها إلى بضع مئات، ورغم هذا العدد القليل فإنها تستطيع تكوين مئات الآلاف من أنواع البروتينات، منها الأساسي ومنها الكمالي ولكل نوع وظيفته المحددة والضرورية لبداية الحياة واستمرارها، كما أن لكل كائن حي بروتيناته الخاصة، التي تختلف عن البروتينات التي نحصل عليها من النباتات والحيوانات، لكن بعد أن نهضمها تتحول إلى أحماض أمينية تكوّن في النهاية بروتيناتنا المحفوظة على شكل شيفرة في (د. ن. ا)،

وعندما نحتاجها يأمرها (د.ن.أ) بالمساهمة في بنية وتكوين كل من:

١- عظامنا وعضلاتنا وجلدنا وحتى شعرنا.

٢- قشرتنا الدماغية.

٣- حبالنا الصوتية.

سيرنا بشكل منتصب، أي الطرفان العلويان محرران.

تقوم البروتينات أيضا بوظائف عديدة نذكر منها :

أ- هضم الطعام في المعدة.

ب- تحريك العضلات.

جـ- تجعلنا نفكر ونحس بما حولنا.

باختصار يمكن اعتبار البروتينات بأنواعها العديدة التي تزيد عن مئتي ألف عامل ماهر، يعملون ليلا ونهارا لإمداد مئة تريليون خلية في جسمنا بجميع المواد الضرورية لنموها وتكاثرها، كي تقوم بوظائفها، وتستمر حياتها، فلا حياة لنا بدونها، إنها موسيقا الحياة.

اكتشاف الصبغيات (الكروموزومات):

الكروموزومات كلمة يونانية الأصل، تعني الجسم الملوّن القادر على تلوين غيره، ولذلك عُرِّبت بالصبغيات، وفي عام ١٩١٠ أثبتت تجارب العالم مورجان، أن العوامل الوراثية لذبابة الفاكهة تقع على الصبغيات، وفي عام ١٩٥٦ تمكن العالمان تيجو وليفان من إثبات وجودها في الإنسان، وهي عبارة عن جزيئات على هيئة أشرطة عصوية أو خيطية من الـ (د. ن. أ)، وعددها يختلف من كائن حي إلى آخر، ويوضح ذلك الجدول التالي:

اسم الكائن الحي	عدد صبغياته
الإنسان	٤٦
البقرة	٦٠
الماعز	٦٠
الحصان	٦٤
الخروف	٥٤
القط	٣٨
الثعلب	٣٨

فلفل	٤٨
ملفوف	٩٤
بعوض	٦
طفيلي الملاريا	٢
جرثومة الإسهال	١

ومن الجدول يتبين لنا أن كل خلية بشرية سليمة تحتوي على ٤٦ صبغيا، يأتي نصف عددها من الأب والنصف الآخر من الأم، أي ٢٣ صبغيا من كل منهما، وتنقسم هذه الصبغيات إلى نوعين :

جسدية متماثلة في الشكل من الرقم ١ وحتى الرقم ٢٢،والتي قسمت إلى مجموعات بحسب طولها، فمنها الطويل كالصبغيات ١، ٢، ٣ التي تحتوي على أكثر من ألف مورث (جين)، ومنها متوسط الطول كالصبغيات من الرقم ٤ وحتى الرقم ٢٠، أما الصبغيان ٢١ و٢٢ فهما قصيران، ويحتوي كل منهما أقل من ثلاثمئة مورثة جنسية ويمثلها الصبغي الأخير ذو الرقم ٢٣، ويكون متماثل الأعراس في الأم، أي يوجد منه نسختان إحداهما خاملة والأخرى نشيطة، ويرمز له (س،س)

ومختلف الأعراس في الأب، أي نسخة من الصبغي س والصبغي ع الذي لا يوجد إلا في الخلية الذكرية، ويرمز له (س، ع) وبذلك فإن الأب وليس الأم هو من يحدد جنس المولود القادم إلى الحياة، ويحدث ذلك عندما تندمج خلية ذكرية من الأب مع خلية أنثوية من الأم، وتختلط مورثات الخليتين في خلية واحدة هي الخلية الملقحة، التي تتكاثر بالانقسام إلى خليتين، ثم أربع، وهكذا ينمو الجنين مع تضاعفات المادة الوراثية التي تحتوي على ٢٣ ثنائياً من الصبغيات، بحيث تأخذ كل خلية جديدة نفس العدد من الصبغيات، ويستمر الانقسام حتى يكتمل نموه. لكن عندما يحدث خلل ما في عدد الصبغيات زيادة أو نقصاناً، نتيجة لتأثير الفيروسات أو بعض المواد الكيمائية الضارة القادمة من التبغ أومن المواد الحافظة، التي تضاف لحفظ الأطعمة، أو الأشعة بمختلف أنواعها، فإن تأثير الخلل الصبغي على حياة الأجنة والمواليد، يرتبط أيضاً بقوة جهازها المناعي، فقد يموت الجنين مباشرة أو بعد الولادة، وقد لا يؤثر الخلل الصبغي فيه، عندما يكون جهازه المناعي قويا، فيعيش وكأنه غير مصاب.

المورثات (الجينات):

الجينة كلمة يونانية تعني سلالة أطلقها عام ١٩١١ العالم جوهانسن على المورثة، الوحدة الأساسية للوراثة، وهي عبارة عن قطعة قصيرة أو طويلة بحسب عدد قواعدها، ولها مكان محدد على الصبغيات، التي هي جزء من (د. ن. أ)، ومجموع المورثات ينقل الصفات الوراثية من جيل إلى آخر، ويعتبر فريق من الباحثين، أن دور المورثات ينحصر في نقل الصفات الظاهرية للإنسان كالطول ولون العينين والبشرة، وأنه لا علاقة للمورثات في نقل الصفات الشخصية الذاتية كالإخلاص والإبداع والعدوانية، أي ليس لها أي دور في تكوين شخصية الفرد، لكن الفريق الآخر من الباحثين، يعتبر أن الصفات الشخصية للفرد، تعتمد بشكل رئيس على المورثات، التي يأخذها الفرد من أبويه، وواقع الحال أن نتائج التجارب العلمية المعاصرة تؤيد الفريق الثاني، وتؤكد دور المورثات الهام في تكوين الصفات الظاهرية والشخصية، بل أيضاً بجوانب أخرى تتعلق بالحياة كالنشاط والخمول والإدمان والجريمة وحب السيطرة والذكاء، وسنذكر واحدة من هذه التجارب،

وهي أن توأماً ذكرياً أبعدا عن بعضهما البعض بعد الولادة مباشرة، ليعيشا في بيئتين مختلفتين، ويعتنقا دينين مختلفين، وكان اللقاء الأول بينهما بعد عشرين سنة، حيث تبين للباحثين، أن التوأم الذي فصلاه زمناً طويلاً، له نفس الصفات الشخصية كالتسرع والمزاجية وطريقة المزاح مع الآخرين، وتذوق الأطعمة وما إلى ذلك من صفات شخصية، وتجدر الإشارة أن لكل مورثة من المورثات، التي تتحكم في شكلنا وطباعنا وظيفة معينة، تنتج لكل خلايا جسدنا بروتينا محددا، كونها تحتوي على المعلومات اللازمة لإنتاجه، والبعض الآخر منها ينتج جزيئات صغيرة من (ر. ن. أ) ذلك الرسول الذي يساعد أيضا في إنتاج البروتين، وهكذا فإن للكائنات الحية أعداداً مختلفة من المورثات لحفظ نوعها واستمرار حياتها، ويوضح الجدول التالي عدد المورثات لبعض الكائنات الحية:

اسم الكائن الحي	عدد مورثاته بالآلاف
الإنسان	٣٤
الفأر	٣٤تقريبا
السمك الذهبي	٣٠

دودة الأرض	١٩
ذبابة الفاكهة	١٤
الأرز	٥٥
نبات الأرابيدوبسين	٢٥
خلايا الخميرة	٦
ميكروب كولاي	١

نستنتج من الجدول أن لا علاقة لدرجة تطور الكائن الحي بعدد مورثاته أو بترتيبها، لأن عدد مورثات الفأر لا تختلف عن عدد مورثات الإنسان سوى ١٠٠٪، رغم أن الفأر لا يقوى على النطق أو الوقوف منتصبا، وليس له قشرة دماغية متطورة كالإنسان، كما وأن تراتبية مورثات الشمبانزي تشابه تراتبية الإنسان بنسبة تصلٍ إلى ٩٨ ٪، ورغم ذلك فإنه لا يستطيع الوقوف منتصباً أثناء سيره.

ولكي يفهم العلماء هوية وآلية عمل هذه المورثات، تقرر القيام بمشروع الجينوم البشري، فما هو ؟

مشروع الجينوم البشري (كتاب سر الحياة):

الجينوم كلمة تعني كامل المادة الوراثية في خلايانا، وتشكل المورثات (الجينات) جزءاً صغيراً لا يتعدى ١ ٪ منها. وهذا المشروع الدولي بدأ العمل فيه منذ عام ١٩٨٧ من قبل كل وزارة الطاقة والمعهد القومي للصحة في الولايات المتحدة الأمريكية، ثم انضمت إلى هذا المشروع خمس دول هي الصين واليابان وألمانيا وبريطانيا وفرنسا، وتبعتها دول أخرى، وكانوا يعملون جميعا بقيادة أمريكا لتحقيق هدف هام، هو قراءة الشيفرة الوراثية، أي اكتشاف الجينوم البشري، وذلك بمعرفة عدد مورثاته (جيناته) وموقعها على الصبغيات، وآلية عملها وهويتها التي تحدد خصائصنا وأمراضنا، وتجعلنا بشرا. وفي ٢٦/ ٢/ ٢٠٠٠ نجحت جهود دول المشروع في رسم أول خريطة وراثية للإنسان، حددت عليها بدقة عالية مواقع أغلب المورثات وليس جميعها على الصبغيات في الجينوم البشري، بالإضافة إلى تحديد المسافة بين كل مورث وآخر من المورثات المكتشفه، وبقي الباب مفتوحا لاكتشاف مورثات جديدة، وتحديد موقعها، وهذا يتطلب حينها تعديلاً

طفيفاً للخارطة الوراثية، ولعدد المورثات التي تراوحت بين رقم مكتشف هو ٣٣ ألفا تقريبا ورقم متوقع هو ٤٠ ألفا وليس ١٠٠ ألف، كما أشارت أغلب الكتب الصادرة قبل عام ٢٠٠٠، وفيما يلي أهم مزايا الجينوم البشري:

عدد حروف قواعد الجينوم البشري حوالي ٢.٣ بليون حرف، وما يميز كائن حي عن آخر هو طريقة كتابة هذه الحروف، كما أن تكرارها المنتظم يساعد في تفسير توزع السلالات البشرية على الأرض، وصلة القرابة فيما بينها، وتطورها التاريخي.

تتشابه حروف الجينوم البشري للبشر بنسبة كبيرة لافتة، تصل إلى ٩.٩٩ ٪، أي أن الخلاف فيما بينهم لا يتعدى (٠.١ ٪)، وهذا الاختلاف البسيط في حروف الجينوم رغم صغره، يجعلنا نفرق بسهولة بين الأجناس البشرية على سطح الأرض.

عدد مورثات الجينوم البشري حوالي ثلاثة وثلاثين ألف مورث، /٣٠/ ألفا منها تتشابه مع مورثات الفأر، وهذا التشابه الكبير هو الذي جعل الفأر الحيوان

النموذجي المناسب لدراسة أمراض البشر واختيار الأدوية الملائمة لمعالجتها، وربما يخطر للبعض أن يسأل على سبيل المزاح، إن للفأر ذيل فأين ذيل الإنسان؟ أن الإجابة ربما تكون صادمة للبعض، إذ أن مورثة الذيل موجودة عند الإنسان، ولكنها خاملة، ولا نعرف متى تتوفر لها ظروف النمو حتى تنشط وتنمو، ويكون للإنسان ذيل! لكن السؤال الأهم الذي بقي دون إجابة هو كيف وصل الإنسان إلى هذا الرقي بهذا العدد من المورثات التي لا تختلف كثيرا عن عدد مورثات الفأر؟.

المورثات منطقة فعّالة في جزيء الوراثة (د. ن. أ)، ولا تشغل سوى ٣ ٪ من مساحة الجينوم، وتتكرر فيها الأحرف (G،C) بنسبة عالية أما المنطقة غبر الفعالة التي لا تعرف وظيفتها بدقة حتى الآن تشغل ٤٦ ٪ من الجينوم ولا يمكن ترجمتها إلى بروتينات والمنطقة الأخيرة مسؤولة عن نسخ المورثات وتشغل ما تبقى من مساحة الجينوم وهي٥١ ٪.

والجدول التالي يوضح رقم الصبغي وعدد مورثاته وأحرف قواعده :

رقم الصبغي	عدد مورثاته (جيناته)	عدد أحرف قواعده
١	٣٠٤٤	٢١٨٧١٢٨٩٨
٢	٢٤٧٢	٢٣٧٠٤٣٦٧٣
٣	١٨٠١	١٩٣٦٠٧٢١٨
٤	١٥١٠	١٨٦٥٨٠٥٢٣
٥	١٦٦٦	١٧٧٥٢٤٩٧٢
٦	١٧٩٩	١٦٦٨٨٠٤٤٠
٧	١٧٥٧	١٥٤٥٤٦٢٩٩
٨	١٣٥٨	١٤١٦٩٤٣٣٧
٩	١١٩٧	١١٥١٨٧٧١٤
١٠	١٣٤٧	١٣٠٧١٠٨٦٥
١١	٢٠٣١	١٣٠٧٠٩٤٢٠
١٢	١٥٨٤	١٢٩٣٢٨٣٣٢
١٣	٧٢٦	٩٥٥١١٦٥٦
١٤	١٢٤٢	٨٧١٩١٢١٦
١٥	١٣٣٣	٨١١١٧٠٥٥

١٦	١٦٥٦	٧٩٨٩٠٧٩١
١٧	٥٩٦	٧٧٤٨٠٨٥٥
١٨	١٧٣٤	٧٤٥٣٤٥٣١
١٩	٨٦٥	٥٥٧٨٠٨٦٠
٢٠	٤٢٠	٥٩٤٢٤٩٩٠
٢١	٧٩٥	٣٣٩٢٤٧٤٢
X	١٣٧٤	٣٤٣٥٢٠٥١
Y	٢١٥	١٤٧٦٨٦٦٦٤
المجموع	٣٢٥٢٢	٢٨٤٦٩٥١٨٦٣

الاستنتاج: إن عدد أحرف قواعد الجينوم البشري ليست ٣.٢مليار كما يوضح المجموع في الجدول بل أقل من ذلك والباقي مازال مجهولاً.

لقد تم الإعلان عن الانتهاء من تحديد الأحرف التي يتكون منها الجينوم البشري في ١٤/ ٤ / ٢٠٠٣، عندما راود البشر أمل بالخلاص من أخطر الأمراض الوراثية التي تصيبهم، لكن هذا الأمل أصبح بعيد المنال، بعد أن تأكد العلماء، بأن هذا المشروع ليس

سوى فتح كتاب الحياة وقراءته، أما فهمه والاستفادة من معطياته لتشخيص الأمـراض ومعالجتها، فإنه يحتاج إلى عشرات السنين من البحث، ليس فقط عن المورثات (الجينات) التي تنتج البروتينات، بل عن آلية عمل ملايين الأنواع من البروتينات، التي تحمي الخلية من الأمـراض الـتي تستهدفها. وهـذا ما دفـع العالم الأمريكي (بريان شيت) لطرح سؤال كبير، عن وظيفة وآلية عمل البروتينات التي تنتجها مئة تريليونٍ خلية في جسم الإنسان، وهذا يتطلب مشروعاً معرفياً جديداً، ألا وهو مشروع البروتيوم فما هو؟

مشروع البروتيوم

بـدأ العالم الأسـترالي الشاب مـارك ويلكينز منذ عام ١٩٩٤ محاولة الإجابة على السؤال، الذي طرحه العالم بريان شيت بإنجاز مرحلة ما بعد الجينوم، ألا وهومشروع البروتيوم البشري، الذي يشمل الفهم الكامل لمجموع ما تنتجه مئة تريليون خلية من خلايانا خلال مدة حياتها من ملايين الأنواع من البروتينات، أي أننا نحتاج إلى معلومات لإنجاز مشروع البروتيوم تزيد ألف مرة عن معلومات إنجاز الجينوم، لذلك فإن

مهمة العلماء تتسم بالصعوبة البالغة، وتحتاج لعمل عشرات السنين، لكن مسار العلم لا يتوقف عند الصعاب، بل يسعى العلماء لتذليلها، ويؤكد ذلك ابتكار العالم السويسري دينس هوشتراسر ربيع عام ١٩٩٩ لجهاز سماه الماسح الجزيئي، الذي ربطه بعشرات المقاييس الطيفية للكتلة، حيث تمكن من التعرف على عشرات الآلاف من البروتينات، ثم تابع العالم كريج فنتر صاحب أكبر عدد من براءات الاختراع في العالم عمل هوشتراسر، وذلك بتشييد مصنع قادر على بناء أكبر قاعدة بيانات بروتينية بشرية، وتحليلها لمعرفة بنيتها، ومقارنتها مع بروتينات أي كائن حي آخر.

و في عام ٢٠٠٩ تمكن علماء كنديون من تحديد بروتيوم فطر الخميرة، الذي يتكون من خلية واحدة، وهذا التطور في علم البروتيوم سيغير طريقة صنع الأدوية الكيميائية وشكلها الحالي.

تطبيقات الهندسة الوراثية

يمكننا أن نعرف الهندسة بعلم يهتم بالتصميم والتخطيط ثم التنفيذ، ليتحقق الهدف المنشود، أما

الوراثة فهي العلم الذي يدرس تركيب المادة الوراثية وآلـيـة عملها وكيفية انتقالها مـن الآبـاء إلى الأبناء لجميع الكائنات الحية، وهكذا يمكن تعريف الهندسة الوراثية بمفهومها المعاصر، بأنها التحكم بالمورثات (الجينات) التي تحمل كل منها صفة وراثية محددة، وذلك بإعادة تركيبها وترتيبها حتى تصبح تلك الصفة محسنة ومرغوبة، ليتم نقلها بسرعة ودون إبطاء، كما في طريقة الاصطفاء القديم إلى كائن حي آخر لا يملك هذه الصفة.

وقد تركت مساهمة الهندسة الوراثية في تعديل وتحسين الكائنات الحية أثرا إيجابيا من خلال التحكم في مورثاتها على صحة وحياة هذه الكائنات من خلال التطبيقات التالية:

أولاً في الطب

منذ أن وقف الإنسان على قائمتيه، والحلم يراوده في أن يعيش حياة خالدة، لذا أخذ يبحث في الغذاء والدواء والمواد وبكل الطرق المتوفرة لديه دون نتيجة تذكر، ومع استمرار البحث العلمي أصبح الحلم قريب التحقيق،

وخاصة مطلع هذا القرن، حيث اكتشف فريق من العلماء الأمريكان مورثاً أسموه أندي، الذي ضاعف حياة ذبابة الفاكهة بعد أن أدخل إليها من ٣٧ يوما إلى ٧٢ يوما، وبات الحلم أقرب عندما أكتشف العلماء تركيبة جينية خاصة عند الأفراد الذين يعيشون طويلاً تختلف عن غيرهم، وما ساعد على ذلك تحالف علمَيّ تقنية النانو والهندسة الوراثية أساس طب الألفية الَتي نعيشها الآن، لأنها تحاول القضاء على الكثير من الأمراض الوراثية التي نعاني منها، كالسكر وأمراض القلب والأمراض العصبية والسرطان وغيرها، إن معالجة الأمراض بالمورثات يتطلب فهم آلية عمل المورثة، التي يعتمد عليها الطفيلي بتكاثره داخل أجهزة الإنسان مسبباً له المرض، فإذا تم هندسة الطفيلي وراثياً، بحيث يفقد مورثه الضار، فإنه لن يستطيع أن يسبب المرض، وهي فكرة رائعة، طبقت بنجاح لمعالجة مرض الملاريا لكنها للأسف لم تستطع معالجة مرض الإيدز، الذي اكتشف عام ١٩٨٤، لأن العلماء لم يستطيعوا بعد فهم آلية عمل فيروسه، عندما يصل إلى خلايا الدم البيضاء، ولا معرفة هندسته الوراثية، حتى يحولونه إلى لقاح.

إن تطبيقات الهندسة الوراثية في الطب لم تقف على معالجة الأمراض الوراثية فقط بل تقوم بتصنيع الأعضاء البشرية خارج الجسم بالإضافة إلى الهرمونات والبروتينات التي لا يمكن الحصول عليها في الطبيعة كهرمون النمو والأنسولين البشري، كل ذلك بمساعدة الثورة التي أحدثتها الأنزيمات بأنواعها (النسخ والقطع)، والتي جعلت علماء الوراثة قادرين على وضع المادة الوراثية على طاولة العمليات الجراحية لاستنساخها، وحذف مقاطع منها أو إضافة مقاطع إليها، وهذا ما يعرف بالتطعيم الجيني الذي يتحكم بالصفات الوراثية كمّاً ونوعاً، ويساعد في تطبيقات الهندسة الوراثية التالية:

١- إنتاج أنزيمات وبروتينات وأمصال معدلة وراثياً، بهدف استخدامها في الوقاية والتشخيص المبكر والعلاج لكثير من الأمراض، سواء كانت وراثية أو حتى غير وراثية.

المساهمة في حل مشكلة نقل الأعضاء البشرية، وذلك بزرع مورثات بشرية في الحيوانات، وعندما تتحول إلى أعضاء، يتم نقلها كقطع غيار بدلاً من الأعضاء التالفة في جسم الإنسان.

المساهمة في إنتاج:

بروتينات لا يمكننا الحصول عليها من مصادرها الطبيعية، وذلك بعزل المورثات المسؤولة عنها من خلايا بشرية، واستخدام البكتريا كمحفزات لإنتاج كميات كبيرة من هذه البروتينات، والتي تستخدم في الحصول على منشطات لنمو خلايا الدم البيضاء، لكي تعوض انخفاض عددها نتيجة أمراض الإيدز والسرطان والأنيميا .

هرمونات نذكر منها هرمون النمو، لعلاج حالات العقم وقصر القامة عند البشر، وهرمون الأنسولين البشري لعلاج مرض السكري، والذي لا تستطيع إنتاجه جزر لانجر هانس في بنكرياس مريض، ليحل محل الأنسولين الحيواني الذي استخدم، وتبين بأنه قليل الفعالية، ويسبب حساسية عند بعض البشر.

مواد لإذابة الجلطات الدموية:

معالجة الكثير من الأمراض، من خلال إنتاج أنواع من الخضروات والفواكه المعدلة وراثياً، نذكر منها على

سبيل المثال بطاطا لمعالجة ارتفاع نسبة الكولسترول في الدم، وتفاح لمعالجة مرض الزهايمر وغيرها .

إنتاج العامل الذي يسبب تخثر الدم لحماية المصابين من البشر بمرض نزف الدم الوراثي.

إنتاج لقاحات للوقاية من الإنفلونزا والملا ريا والتهاب الدماغ والكبد وغيرها .

حماية الخلايا من أنواع عديدة من الفيروسات:

٩ - عزل ونقل بعض المورثات المرغوبة من الكائنات الحية إلى البكتريا، بعد إبعاد المورثات الضارة منها، حيث تقوم بتحويلها إلى بروتين بشري، أي أن الهندسة الوراثية حولت البكتريا والكائنات الدقيقة إلى معامل صغيرة جداً تنتج إلى جانب البروتين البشري هرمونات ولقاحات ومضادات حيوية ومواد غذائية ،كما وتحول الشعاع الشمسي إلى طاقة وغيرها .

ثانياً في الزراعة:

اعتمدت تربية النباتات قديما على الانتخاب والتهجين، الذي يحتاج كل منهما لعمل مُضْنٍ ولسنوات عديدة، بهدف الحصول على أصناف محسنةً ووفيرة الإنتاج كالقمح والأرز، لكن العالم الذي يحتوي أنواعا هائلة من النباتات، يحتاج إلى رعاية واستثمار، ففي دولة البيرو على سبيل المثال أنواع من النباتات تعادل سبعة أضعاف ما في الولايات المتحدة الأمريكية، رغم أن العالم مازال يعيش على أنواع محددة من النباتات، وهذا ما أسال لعاب الشركات التي تعمل بتقنية الهندسة الوراثية، والتي يمكن أن تحصل على ثروة لا تنضب من الصفات الوراثية للكائنات الحية في العالم، حتى تتمكن من تعديلها وتسويقها تجاريا وجني الأرباح الطائلة منها،

إذاً فالأبحاث الزراعية تعاني مشكلة تزداد حدتها نتيجة النمو السكاني العالمي الهائل، الذي وصل إلى أكثر من سبعة مليارات نسمة خلال هذا العام، لذا تعمل تقنية الهندسة الوراثية على إحداث تغيرات جوهرية في الزراعة، من خلال إجراء تغيرات في بعض المورثات للنباتات، كي تستطيع :

- مقاومة ظروف مناخية صعبة كإرتفاع درجة الحرارة والجفاف.

- الحصول على أصناف ذات مردود وفير ونوعية غنية بالبروتينات، والأحماض الأمينية، من أجل تأمين الغذاء للناس في كل الفصول وبأسعار مناسبة، أي باختصار تحسين الإنتاج الزراعي كماً ونوعاً.

- تشخيص ومقاومة الآفات الزراعية، وهذا يقلل من استخدام المبيدات الحشرية التي تلوث البيئة.

-استخدام كل من قصب السكرٍ والشعير والذرة وغيرها في إنتاج وقود بيولوجي بدلاً من الوقود الإحفوري (فحم، بترول، غاز)، لأنه صديق للبيئة ولا يساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري، التي ترفع درجة حرارة الأرض، لأن الغازات المنبعثة منه أثناء عملية الاشتعال تقل بمعدل لا يقل عن ٦٠٪ عن الغازات المنطلقة من الوقود الإحفوري.

- مقاومة اهتراء البندوره بعد قطفها عن طريق تعطيل المورث المسؤول عن ذلك، كي تصل طازجة إلى المستهلك

مهما كانت مدة النقل تسهلها عملية التهجين بين أنواع متباعدة وراثياً.

- ساعدت في تثبيت النتروجين الجوي، بنقل إحدى المورثات إلى نوع من البكتريا تتعايش مع جذور البقوليات المساهمة في التكاثر السريع لنباتات يصعب تكاثرها طبيعياً.

- اكتشاف المواد الكيميائية الغريبة في الغذاء.

وتجدر الإشارة إلى أن إنتاج المحاصيل المعدلة وراثياً بدأ من أمريكا منذ عام ١٩٩٦، لكن هذا الإنتاج واجه صعوبات لتسويقه إلى الاتحاد الأوروبي واليابان، بسبب معارضة الحكومات والمستهلكين على السواء لهذه المحاصيل، لكن أمريكا رفعت شكوى إلى منظمة التجارة العالمية، التي حكمت بداية الشهر الثاني من عام ٢٠٠٦ لصالحها رغم معارضة منظمات بيئية عديدة في أوروبا لهذا القرار، بحجة أنّ منظمة التجارة العالمية لا يحق لها أن تقرر نوع الغذاء الذي يأكله البشر، ورغم المعوقات فإن الدول الرائدة في العالم بزراعة المحاصيل المعدلة وراثياً، والتي لا يقل إنتاجها

عن مئة ألف طن من أربعة محاصيل أساسية معدلة وراثياً، وهي الفول والقطن والذرة والكانولا، قد زادت إنتاجها ما يقارب خمسين ضعفاً بين عامي ١٩٩٦ و٢٠٠٥، بحيث بلغت المساحة المزروعة ما يقارب ٥٠٠ مليون هكتار، أي ما يعادل تقريباً نصف مساحة الولايات المتحدة الأمريكية، وازداد عدد الدول التي تزرع هذه المحاصيل المعدلة وراثياً من ست دول إلى واحد وعشرين، لكن إنتاجها يقل خلال عام ٢٠٠٥ عن مئة ألف طن، وهي كولومبيا وإيران وهندوراس وألمانيا وفرنسا والبرتغال والتشيك ولا توجد أي دولة عربية تساهم في هذا المجال كما يوضح الجدول التالي:

البلد	الإنتاج (بالمليون) طن
أميركا	٤٩.٨
الأرجنتين	١٧.١
البرازيل	٩.٤
كندا	٥.٨
الصين	٣.٣

باراغواي	١.٨
الهند	١.٣
جنوب أفريقيا	٠.٥
أورغواي	٠.٣
أستراليا	٠.٢
المكسيك	٠.١
رومانيا	٠.١
الفلبين	٠.١
إسبانيا	٠.١

ثالثاً الثروة الحيوانية:

تم تهجين جيني لبعض أنواع الحيوانات بأساليب الهندسة الوراثية، أي التعامل المباشر مع مادتها الوراثية جزيء (د.ن.أ)، والتحكم بها بعزل بعض المورثات المسؤولة عن الصفات المرغوبة، ونقلها للحصول على سلالات لها القدرة على ما يلي:

-إنتاج كميات أكبر من الحليب واللحم بمساعدة هرمون النمو ونوعيات ممتازة من الجلود والأصواف.

- إنتاج أمصال ولقاحات على نطاق تجاري، تستخدم لوقاية الثروة الحيوانية من الأمراض التي تصيبها، دون أن تؤثر هذه الأمصال على الإنسان عند تناولها.

-إنتاج طحالب مهجنة وراثياً، أي معدلة ومحسنة وخاصةً في اليابان للحصول منها على:

الأدوية.

المكملات الغذائية.

مبيدات الحشرات.

منظمات نمو النباتات.

مضادات للبكتيريا.

أحماض دهنية تقلل من خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية.

مواد تقي من السرطان.

تشخيص الأمراض التي تلحق بالثروة الحيوانية مبكراً بل وقبل ظهور الأعراض أحياناً، عندما يتم تحليل المادة الوراثية لخلاياها، باستخدام مسبار خاص لذلك.

رابعاً البيئة:

البيئة ظاهرة كونية، تشكلت قبل مئات الملايين من السنين، من خلال سلسلة من التحولات المناخية والجيولوجية للأرض وما حولها. إلى أن تكون النظام البيئي المتوازن بين الأرض والماء والغلاف الجوي والحيوي، بحيث توفرت الشروط الضرورية اللازمة لولادة الحياة على كوكبنا الأرضي، ولم تتوفر هذه الشروط لغيره من كواكب المجموعة الشمسية حتى الآن. لكن ما أن تطورت الصناعة والمجتمعات البشرية، وازداد عددها وطموحها للحصول على حياة أفضل، حتى بدأت تستفد وبشكل كبير الموارد الطبيعية المتجددة كالفحم والبترول والغاز والمعادن وغيرها. وقد أدى الاستخدام المفرط لهذه الموارد إلى انطلاق كميات كبيرة ومتنوعة من الغازات، أضرت بالكائنات الحية، ولوثت الهواء والماء والتربة، ورفعت درجة حرارة الأرض،

التي غيرت بدورها المناخ، وما العواصف والفيضانات وموجات الحر التي تجتاح العالم ،والآثار الاجتماعية والاقتصادية السيئة التي سببتها، إلا تأكيد بأن ظاهرة تغير المناخ أصبحت حقيقة واقعة، اختل على أثرها النظام البيئي، فالمشاكل البيئية إذاً عالمية، وسببها الرئيس الدول الصناعية، لذا يصعب حلها بشكل منفصل كونها مترابطة مع بعضها البعض، لكن الهندسة الوراثية أعطت الأمل من خلال التطبيقات التالية:

١- إنتاج كائنات دقيقة معدلة وراثياً تعيش على غاز أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون، وبالتالي تعمل هذه الكائنات على تنقية أجواء المناجم من هذين الغازين الضارين بالإنسان وبيئته، بالإضافة إلى إنتاج كائنات أخرى تعمل على تخليص الماء والكائنات البحرية التي تعيش فيها من المعادن الثقيلة (رصاص، زرنيخ.....الخ) المؤذية لها. كما ويمكن لبعضها الآخر من تحليل مخلفات الإنسان والمزارع وتحويلها إلى مواد مفيدة للنباتات.

٢- إن تلوث الماء بزيت البترول المصدر الهام للطاقة حتى الآن ظاهرة حديثة، ومن آثارها الخطيرة أن

البترول الطافي فوق الماء يذيب المواد التي تلقى في البحر والمحيطات كالمنظفات والمبيدات الحشرية، فيزاد تركيزها وتلويثها للبيئة المائية، كما وتتفاعل بوجود أكسجين الهواء وأشعة الشمس وتنتج مركبات معقدة منها السام، الذي يذوب في الماء ويقتل الكثير من الكائنات الحية البحرية، لذا تمكنت الهندسة الوراثية من عزل وتعديل بعض أنواع البكتيريا التي تعيش في البترول، والقادرة على تحليل والتهام المركبات المعقدة والسامة، فتختفي بقعة الزيت تدريجياً، وتتحول إلى مواد كبريتية تستخدمها الكائنات البحرية كغذاء، وهكذا بفضل الهندسة الوراثية تم القضاء على التلوث الذي يسببه النفط للماء، واستفدنا من ناتج العملية كغذاء.

٣- إنتاج بكتريا لكشف المخلفات الضارة بالبيئة وتنقيتها.

خامساً الصناعة الدوائية:

منذ عام ١٩٩٢ وحتى عام ٢٠٠٩ تم إنتاج أكثر من مئتي نوع من الأدوية واللقاحات، استفاد منها ما

يقارب ربع مليار إنسان، بعد إقرارها من إدارة الغذاء والدواء الأمريكية، وهناك أكثر من أربعمئة دواء ولقاح جديد في مرحلة الاختبارات من أجل إقرارها إضافة إلى ما يلي:

١- إنتاج الفيتامينات والأحماض الأمينية وبعض المواد الغذائية من الطحالب.

٢- إنتاج النشاء وتحويله إلى سكر.

٣- استخلاص أنزيمات من عملية التخمير لاستخدامها في صناعة الجبن الخالي من اللاكتوز.

٤ - إنتاج نوع من البكتريا تنتج بدورها البلاستيك.

سادساً في الميدان العسكري:

١- إنتاج نوع من النحل المعدل وراثياً، من قبل باحثين أمريكان والمزود بلواقط يعلق عليها غبار ومواد الألغام والمقذوفات، التي لم تنفجر بعد إطلاقها، وبعد عودة النحلة إلى الخلية، يتم التأكد من وجودها، عن طريق فحص الغبار والمواد العالقة بأجهزة دقيقة خاصة لذلك.

٢- استخدام بعض النباتات المعدلة وراثياً لمعرفة حدود المناطق التي يوجد فيها ألغام، وذلك بنثر بذورها في تلك المناطق بواسطة الطائرات، وبعد عدة أسابيع تنمو النباتات وتمتص ثاني أكسيد المنغنيز($Mn \cdot 2$) الموجود في تلك الألغام، فتتحول ألوان أزهارها إلى اللون الأحمر، وهذا دليل قاطع لوجود الألغام في تلك المنطقة.

٣- إنتاج جراثيم وبكتريا معدلة وراثياً، ووضعها داخل رأس يحمله صاروخ يلقى في بيئة العدو، ليقضي على بعض كائناته الحية، ويحدث طفرات سيئة تؤدي إلى القضاء على نهضة هذا المجتمع، كما أن نبات البنجر (الشوندر السكري) الذي يستخرج منه السكر، ونبات جار النهر نباتان يستطيعان امتصاص المادة المتفجرة (ت.ن.ت) ثلاثي نترو التولوين، والتقليل من خطورتها بتمثيلها وتحليلها تماماً، كما تفعل أكبادنا بتخليص أجسامنا من بعض سمومها ...

سابعاً في الفضاء:

يمكن اعتبار الفضاء كل المنطقة التي تقع خارج مجال جذب الكواكب والنجوم والمجرات، أو خارج غلافها الجوي، وفيها ينعدم الوزن تقريباً، وهذا ما سهل لرائد الفضاء الروسي يوري غاغارين (١٩٦٨-١٩٣٤)، أن يسبح في هذا الفضاء متخلصاً من أعباء وزنه عام ١٩٦١، وتجوب الآن أعداد كبيرة من الأقمار الصناعية والسفن الفضائية المأهولة وغير المأهولة، بهدف القيام بأبحاث وتجارب في مختلف مجالات الحياة، ونخص بالذكر إنتاج المورثات ودراسة التغيرات في وظيفتها في بيئة الفضاء، ومقارنة نتائج الدراسات بالنتائج التي توصل إليها العلماء في ظروف البيئة الطبيعية على الأرض، فهل ستوفر البيئة الفضائية إجابة عن أسئلة مازالت محيرة للعلماء وهي:

كيف تتحرك المورثات؟ وهل يمكن التحكم بهذه الحركة ؟

هل تعبّر المورثات عن نفسها في البيئة الفضائية كما في البيئة الأرضية ؟

هل توجد حياة في الفضاء خارج كوكبنا الأرضي؟

إن المحاولة الأولى تمت باستزراع خلايا حية في البيئة الفضائية، ودراسة سلوك وحركة مورثاتها أثناء انقسامها باستخدام تقنيات حديثة، تحول حركة المورثات إلى ذبذبات كهربائية يمكن إظهارها على شاشة تفحص أي مادة حية متناثرة في الفضاء مهما كانت صغيرة، ومن أهم تطبيقات الهندسة الوراثية في الفضاء ما يلي:

١- إبعاد مظاهر الشيخوخة التي يسببها تآكل بعض أجزاء الصبغيات، وفقدان بعض من مادتها الوراثية المسؤولة عن إدارة شؤون الخلية نتيجة تكرار انقسامها، وهذا التآكل يؤدي مع الزمن إلى عدم قدرة الخلية على الانقسام، وإنتاج المزيد من (د.ن.أ)، وموتها مع غيرها يؤدي إلى مرض الشيخوخة، لذا يحاول العلماء إبطاء عملية التآكل باستخدام التقنيات الفضائية، التي تحفز الخلايا على الانقسام، لتجدد نفسها، وتعود إليها حيويتها من جديد، وتقضي على مرض الشيخوخة.

٢- إنتاج أنسجة وأعضاء كاملة من استزراع خلايا حية في الفضاء لتنمو بعيداً عن الجاذبية، أي في حالة انعدام الوزن، كي لا تتعرض للأذى عندما تصطدم ببعضها البعض، أو بوعاء الاختبار، عند تحريكها لمدها بالأكسجين وباقي الشروط اللازمة لاستمرار حياتها، لكن المشكلة الباقية هي قدرتنا على حماية ديمومة عملية الانقسام في الفضاء، حتى يتم إنتاج أنسجة وأعضاء كاملة للإنسان ،لكن بعض العلماء يحذرون من تحوير جينيٍ للكائنات التي هندست في الفضاء من أن تلحق ضرراً بالغاً بالحياة على الأرض.

إن الرحلات المتكررة للمكوك الفضائي الأمريكي ديسكفري بين عامي (١٩٨٨-١٩٨٤)، والذي حمل مخابر عديدة، أنتجت أدوية لأمراض مستعصية كالسرطان والإيدز وأنسجة بشرية للكبد والبنكرياس والرئة وهرمونات تقاوم الكثير من الأمراض باستخدام أساليب الهندسة الوراثية ،بعيداً عن الأرض وجاذبيتها وفي مكان فضائي حيث يكون التعقيم تاماً. لكن الهندسة الوراثية في الفضاء كغيرها من فروع العلم سلاح ذو حدين حده السلبي هو تخوّف العلماء من أن

يحدث للكائنات الحية التي عدلت وراثياً في الفضاء تحوير جيني لا يمكن السيطرة عليه يلحق ضرراً بالغاً للحياة على الأرض التي نعيش فيها .

إن الرغبة في معرفة الفضاء الخارجي، والاستفادة منه إلى أقصى حد، تشدنا إليه رغم كل ما ينتظرنا فيه من مخاطر.

ثامنا البصمة الوراثية بدل البصمة اليدوية:

البصمة الوراثية غير قابلة للمسح كما هو الحال بالبصمة اليدوية، وكان العالم البريطاني د.آليك جيفرس بجامعة لستر أول من وضع تقنية للحصول على البصمة الوراثية للبشر عام ١٩٨٥ حيث لا يتفق اثنان في بصمتهما الوراثية، رغم أن عدد سكان الأرض يبلغ حتى الآن حوالي (٧.٢) مليار وقد أتبع في تقنيته ما يلي:

تؤخذ عينة من نسيج الجسم أو نقطة من دمه أو ريقه أو حتى شعرة منه، ويستخرج منها (د.ن.أ) رغم صغرها، مع العلم أنه في عام١٩٩٧ تمكن العالمان

الأستراليان جونز ورولندفان من الحصول على (د.ن.أ) من الأشياء التي لمسناها كالأكواب والمفاتيح وغيرها.

يقطع حفاز معين شريطي (د.ن.أ) طولياً، فتصبح قاعدتا الأدنين والجوانين في جهة، والثيامين والسيتوزين في الجهة الأخرى.

تستخدم طريقة التفريغ الكهربائي لترتيب المقاطع، يتوقف طولها على عدد مرات تكرارها، بعدها تعرض المقاطع على فيلم الأشعة السينية، ثم تتطبع عليه، فتظهر خطوط متوازية وغامقة، نصفها يأتي من الأب والنصف الآخر من الأم.

المورثات (الجينات) تقوم بنقل المعلومات الوراثية من جيل إلى آخر، وتوجه نشاط الخلية، وهي عبارة عن جزيئات عملاقة من (د. ن. أ).

تاسعا الاستنساخ:

أثار موضوع الاستنساخ نقاشاً علمياً وقانونياً ودينياً واسعاً بين البشر في أغلب دول العالم، فكان له مؤيدون

ومعارضون، وهذا هو الحال عندما تطرح قضية جدلية هامة للنقاش مثل الاستنساخ، ولكن العلم يتابع سيره دون توقف من اكتشاف إلى آخر، حيث نجح العالمان هول وستل مان في عام ١٩٩٣ في استنساخ أجنة بشرية بمساعدة تقنية الهندسة الوراثية، معتمدين على فكرة هي، أن الجنين البشري يبدأ بالتكون من خلية ملقحة تسمى زيجوت، تنقسم إلى خليتين فأربع فثمان وهكذا يستمر الانقسام، حتى يكتمل نمو الجنين، والعمل الذي قاما به هو فصل الجنين ذي الأربع خلايا، للحصول من جديد على أربعة أجنة، تنمو في المختبر، ثم يزرع بعضها في رحم الأم، ويجمد البعض الآخر لسنوات، ليستخدم عند الطلب، والهدف واحد، هو الحصول على مجموعة أجنة مستنسخة ومتماثلة تماماً، وبعبارة أخرى يمكننا القول: إن الاستنساخ هو الحصول على نسخة أو أكثر تطابق النسخة الأصلية.

و تجدر الإشارة إلى أن الاستنساخ يحدث تلقائياً في الطبيعة منذ نشأة الحياة عليها، لأنه الآلية البيولوجية للتكاثر اللاجنسي، الذي ينتج نسخاً متماثلة من فرد واحد، وهذا ما يحدث في النباتات والحيوانات وحيدة

الخلية وبعض من عديدات الخلية، كأحد أنواعٍ السحالي التي قررت أن تعيش في مملكة لا تحوي ذكوراً بإنتاجها بيوضاً قادرة على إنتاج أفراد دون إخصاب، لكن ومنذ بداية القرن العشرين تستخدم كلمة استنساخ لوصف عملية، نستخدم فيها خلية من كائن ما، لإنتاج كائن جديد آخر، وهذا ما حدث عندما تم الإعلان عام ١٩٩٧ عن استنساخ النعجة دوللي بطريقة النقل النووي، حيث تم نزع نواة خلية جسدية من نعجة، ثم نقلها إلى بويضة فارغة النواة لنعجة أخرى، حيث تم الاندماج بينهما وبعد ذلك وفرت للخلية الجديدة كل مستلزمات التكاثر والنمو، حتى نجحت عملية الاستنساخ. لتأتي مرحلة أخرى من الاستنساخ استخدمت لعلاج العديد من الأمراض، وذلك بإنتاج خلايا جذعية من الأجنة مطابقة وراثياً للعضو المريض، تمتاز بقدرتها على تجديد نفسها بالتكاثر الدائم، والتحول إلى خلايا لها وظيفة محددة، ثم حقنها في العضو المريض لتجعله عضواً سليماً، يؤدي كامل وظيفته، وللاستنساخ رغم أنه حول الإنجاب إلى صناعة وأبعد عنه عصره الرومانسي فوائد أهمها:

١- استنساخ حيوانات معدلة وراثياً بالتعاون مع تقنية الهندسة الوراثية، ليس فقط من أجل تحسين سلالتها أو إنتاجيتها أو حمايتها من الانقراض، بل لاستخدامه في مجالات علاجية للإنسان أيضاً.

٢- إنتاج أنسجة تطابق الأنسجة المريضة في البشر، لمعالجتها دون رفض من الجسم.

٣- يمكن اعتبار الاستنساخ الوسيلة الوحيدة للأزواج الذين يعانون عقماً دائماً، وللاستنساخ أضرار محدودة تنحصر بموت الكثير من الأجنة الخاضعة للتجربة، وفقدان الطفل المستنسخ لهويته الاجتماعية، وإضعاف الصلة بين أمه وأبيه، وفيما يلي جدولاً يبين تاريخ تجارب الاستنساخ.

العام	التجربة
١٩٤٤	نجاح أول تجربة إخصاب خارج الرحم
١٩٥٩	ولادة أول أرنب بطريقة طفل الأنبوب
١٩٧٠	استنساخ الفئران من الأجنة المخصبة
١٩٧٨	ولادة أول طفلة أنبوب في بريطانيا
١٩٩٣	استنساخ أجنة بشرية في جامعة جورج واشنطن
٢٠٠٢	استنساخ أبقار وفئران وأرانب
٢٠٠٥	استنساخ خيول سباق أصيلة

الأثر الاقتصادي لتطبيقات الهندسة الوراثية:

من المعلوم أن أي اكتشاف علمي لا يكون له أثر اقتصادي مباشر وسريع، بل يحتاج إلى فترة زمنية كافية، لكي تتحقق تطبيقاته العلمية، وتختبر مرارا وتصمم الآلات، لتبدأ بالإنتاج والتسويق التجاري، والهندسة الوراثية علم لا يشذ عن هذه القاعدة، لكن المجال الأسبق والأسرع كان إنتاج الدواء، تلاه مجال

الإنتاج الزراعي ومستلزماته، وهو بين القبول والرفض في العالم حتى الآن، ورغم ذلك باعت إحدى الشركات الأمريكية المختصة بإنتاج بذور مهندسة وراثياً ما يقارب ستة مليارات دولار حتى عام ٢٠٠٩، وقفزت مبيعات تقنية الهندسة الوراثية بين عامي ١٩٩٣ و٢٠٠٠ من (٩.٥ ٪) بليون دولار إلى ١.١٦ بليون دولار، كما وتجدر الإشارة إلى أن العائد الاقتصادي يقاس أيضاً بعدد براءات الاختراع الممنوحة للشركات، فمنذ عام ١٩٩٣ وحتى عام ٢٠٠٠ زاد عددها خمسة أضعاف، علما بان الشركات الكبرى تبقي عدد من براءات اختراعها سرياً، حتى تفوت الفرصة للشركات الأخرى من امتلاكها وتطويرها، وهذا يعني أن عدداً كبيراً من العاملين والباحثين انضموا للعمل بهذه التقنية.

الوطن العربي والهندسة الوراثية:

تتوالى الثورات العلمية بسرعة فائقة، وتزداد الفجوة المعرفية بيننا وبين الدول المتقدمة، وأغلبنا لا يدرك ما يواجهنا من تحديات حقيقية، ومن يدرك لا يملك القرار ولا الإمكانيات لمواجهة التحديات.

لذا من الضروري أن نبدأ بوضع خطط تأخذ بالاعتبار الخطوات التالية، للمساهمة في تقنية الهندسة الوراثية والنانوية والحيوية وتدريب الكوادر الوطنية في مؤسسات بحثية متخصصة، تتعاون مع مؤسسات بحثية عربية، ليبقى التعاون العلمي آخر أمل بعد أن فشلت كل أنواع التعاون الأخرى لتحقيق الأهداف المرجوة من خلال:

- جمع وتوثيق المعلومات والبيانات لامتلاك المعرفة في هذا المجال.

- إنجاز القوانين والتشريعات التي لا تعطل العمل ولا تعيق حرية البحث.

- إنشاء مراكز أبحاث للعلوم الحديثة وتوفير الأموال اللازمة لها، ووضع خطة لتطويرها الدائم بتأمين تقنية حديثة نطورها دوماً، ومطالبة الكوادر بالأبحاث وتطبيقاتها، لكي تساهم في تطوير مجالات الحياة المتنوعة، وكسر احتكار الدول المتقدمة للعلوم الحديثة، وحل المشاكل التي نواجهها وما أكثرها .

- وضع خطط ذات أهداف واضحة وقابلة للتحقيق خلال أزمان محددة.

وهنا لابد أن نذكر بأن بعض الدول العربية أقامت مراكز أبحاث للهندسة الوراثية، ففي مصر يهدف مركزها إلى الحفاظ على أصول الكائنات الحية، التي تتعرض لأخطار كبيرة نتيجة التغيرات المناخية، كما يهدف أيضاً إلى التعاون مع الدول المتقدمة، لرفع مستوى البحث العلمي وتطوير المعرفة العلمية. وفي السعودية تم بناء مدينة التقنية الحيوية، أما في الإمارات فقد تم إنشاء المركز العربي للدراسات الجينية، الذي أعد قاعدة بيانات للأمراض الوراثية، وينظم الدورات لرفع كفاءة الباحثين، والمهم هو استمرار العمل بوتيرة عالية لتقليل الفجوة المعرفية بيننا وبين الغرب.

موجز للتطور التاريخي للهندسة الوراثية

استند علم الهندسة الوراثية في تطوره على اكتشافين هامين هما :

١-كشف أسرار الشريط الوراثي (د. ن. أ) بمعرفة تركيبه الكيميائي، ثم الشيفرة الوراثية وقراءتها .

٢-استخدام أنزيمات لقص هذا الشريط في أي مكان يريده العلماء، فيما يلي التطور التاريخي لعلم الهندسة الوراثية:

عام (١٨٦٥) أجرى مندل تجاربه على نباتات البازلاء التي تحمل صفات متباينة، وتوصل من خلالها إلى قانونين فسر من خلالهما كيفية انتقال الصفات الوراثية من جيل إلى آخر دون أن تنشر هذه النتائج.

نشر كل من العالمين دي فريز وباستون قانونَيّ مندل في إحدى الصحف النمساوية وبذلا جهودا لتطوير علم الوراثة وتحويله إلى علم تجريبي.

عام (١٩٠٣) افترض العالم استون أن المورثات تقع على الصبغيات.

عام (١٩١٠) أثبت العالم مورجان بالتجربة صحة الفرض السابق.

عام (١٩٢٢) أعد العالم مورجان أول خريطة لمورثات ذبابة الفاكهة.

عام (١٩٢٧) وضح العالم مولر الآلية التي تحدث فيها الطفرات.

عام (١٩٢٨) مهدت تجارب العالم جريفت لاكتشاف ظاهرة التحول الوراثي للبكتريا.

عام (١٩٤٣) ولادة نظرية (فعل المورث) للعالمين تاتم وبيدل، والتي تؤكد بان لكل أنزيم مورث، وبالتالي ساهمت بربط علم الوراثة بالكيمياء الحيوية.

عام (١٩٤٤) أثبت العلماء أن المورثات تأتي من الحمض النووي (د. ن. أ) وليس من البروتين كما كان الاعتقاد سائدا آنذاك.

عام (١٩٥٢) أكد العالمان هيرشي وكاسي أن (د. ن. أ) أساس المادة الوراثية.

عام (١٩٥٣) اكتشف العالمان واطسون وكريك تركيب جزيء (د. ن. أ).

عام (١٩٦٠) اكتشاف تدفق المعلومات الوراثية من (د. ن. أ) إلى (ر. ن. أ) الرسول لتكوين البروتينات في السيتوبلازما.

وفي عام (١٩٦١):

أ- أول محاولة لدمج خلايا فئران في معهد جوستاف في باريس.

ب- اكتشاف الحمض الريبي الرسول ويرمز له (م.ر. ن.أ) والذي ينسخ من (د.ن.أ) لنقل الرسالة الوراثية التي تفرض صيغة محددة لتشكل البروتين.

عام (١٩٦٦) فك العالمان خوران ونير ينبوج رموز الشيفرة الوراثية.

عام (١٩٦٧) اكتشاف أنزيمات الربط من قبل العالمين مارتي فايس وجرين، التي ساهمت في اندماج خلايا إنسان بخلايا فأر.

عام (١٩٧٠) تمكن العلماء أربروناثانس وسميث، من اكتشاف أول أنزيم قص ،وهو بمثابة مشرط لقطع شريط (د.ن.أ) في الأماكن التي تسهل للعلماء دراسته ودراسة مورثاته كل على حدة.

عام (١٩٧٣) تم عزل المورث المسؤول عن إنتاج الأنسولين، وتطوير أساليب وطرق لتسهيل اتحاد المادة الوراثية.

عام (١٩٧٧) ولادة أول شركة للهندسة الوراثية في أمريكا، وإنتاج أول بروتين بشري بواسطة البكتريا.

عام (١٩٧٨) تم إنتاج الأنسولين البشري من البكتريا.

عام (١٩٨٠) منح كل من العالمين بوير وكوهين أول براءة اختراع في الهندسة الوراثية عن كيفية إعادة اتحاد المادة الوراثية (د. ن.أ).

عام (١٩٨٢) تدشين أول مصنع لإنتاج الأنسولين البشري في بريطانيا.

السماح بتسويق لقاح حيواني، استخدم لمعالجة مرض الإسهال عند الحيوانات.

نجاح عملية نقل المورثات بين الحيوانات.

عام (١٩٨٣) نجاح الحصول على كائن حي يجمع بين الخروف والماعز.

صمم العالم ميليس جهازاً، تم فيه تفاعل البلمرة المتسلسل بهدف مضاعفة المادة الوراثية.

عام (١٩٨٥) اكتشف العالم آليك جيفرس البصمة الوراثية (الجينية)، والعالم موليس صنع جهازاً صغيراً، لنسخ المادة الوراثية بعد تأمين موادها الأولية.

عام (١٩٨٧) استخدام البصمة الوراثية في المحاكم الأمريكية كدليل جنائي.

وفي عام (١٩٨٩):

أ- نجح العالمان كولين وشي تسي في عزل المورث المسؤول عن مرض التليف الكيسي.

ب- بداية علاج الأمراض الوراثية بالمورثات.

جـ - تصميم جهاز لنقل المورثات في الإنسان.

عام (١٩٩٣) اكتشف الباحث بيرت فوجلستين أن سبب سرطان الأمعاء الغليظة، هو حدوث طفرة في أحد الأنزيمات.

وفي عام (١٩٩٤):

أ- استخدام الجينات الانتحارية، للقضاء على مرض السرطان.

ب- إنتاج أرز مقاوم للأمراض.

ج-العلاج بالمورثات لتبقع الجلد .

د- إنتاج هرمون الغدة النخامية، الذي ينشط التبويض عند الأنثى منعا للعقم.

عام (١٩٩٦) نجح العالم الفنلندي ايان ويلموت باستنساخ النعجة ميجان، ثم النعجة دوللي.

عام (١٩٩٨) إنتاج بعوض غير ممرض، وسمك كبير الحجم.

عام (١٩٩٩) تمكن العالم طومسون من الحصول على خلايا المنشأ (الخلايا الجذعية) القادرة على إعطاء جميع أنسجة وأعضاء الكائن الحي.

عام (٢٠٠٠) إنتاج قطن معدل وراثياً له القدرة على إنتاج البلاستك والإعلان عن الخريطة الجينية للبشر.

عام (٢٠٠١) إنتاج أرز غني بفيتامين (أ) يقي من الإصابة بالعمى.

وفي عام (٢٠٠٣):

أ- إنجاز قراءة الجينوم البشري.

ب- إنتاج قهوة خالية من الكافيين وأسماك للزينة.

عام (٢٠٠٦) إنتاج ذرة معدلة وراثيا لمعالجة نقص الحديد عند البشر.

صدر من السلسلة

نحن جزء من هذا الكون	فايز فوق العادة
دمشق	محمد قرانيا
الأشرعة الحمراء	ترجمة: فيروز نيوف
مملكة ماري	ترجمة: قاسم طوير
مختارات من أسامة	
القدس	د. هشام الحلاق
الذرة	حسن بلال
العلم يدهشنا	فايز فوق العادة
مملكة إيبلا	أنطوانيت القس
البيئة:الطبيعة والإنسان	طه الزوزو
قصة الكون والحياة والإنسان	موسى ديب الخوري
ربيع كاذب	عبد اللّه عبد
صفحات من تاريخ الموسيقا	محمد المصري
الأمير الصغير	ترجمة: أنطوانيت القس
قصة اختراع الأرقام	موسى ديب الخوري
الصوت والزمن	د.غزوان زركلي
حشرات في بيتك وحديقتك	هنادي زرقة
طريق الحرير	دريم منصور الأطرش
الحاسوب	أويس الشريف

فلزات (سيليكون كوارتز/ حريرصناعي	د. محمد عبود
الثقوب الكونية السوداء	فايز فوق العادة
الفسيفساء	موسى ديب الخوري
فن النحت في العصر القديم	د.تغريد شعبان
التلوث النفطي	د.محمد عبود
المحميات الطبيعية	هنادي زرقة
مختارات من حكايات إيسوب	رسوم: ضحى الخطيب
حيوانات المروج والغابات	محمد مروان مراد
قصة اللاسلكي	جهاد سلامة الأشقر
أوغاريت	موسى ديب الخوري
ممالك سورية القديمة	د. تغريد شعبان
التخدير والإنعاش عبر التاريخ	نزار مصطفى كحلة
أساطير يونانية	أنطوانيت القس
تاريخ الرسم	دلدار فلمز
النفايات الصلبة	د.عبير عيسى
الفينيقيون وأساطيرهم	محمد دنيا
الرياضيات علم وفن	فايز فوق العادة
الجراثيم والبيئة	د.سيراؤوس محمد
حكايات الأخوين غريم	ترجمة: نبيل الحفار
النانو وتطبيقاته	حسن عز الدين بلال

غزو الفضاء	محمد دنيا
على دروب القرى المنسية	موسى ديب الخوري
أعلام الكشف والاختراع	محمد مروان مراد
قرطاج	د.هشام سعيد الحلاق
أساطير من اليابان	محمد دنيا
أوليات علم الفلك	فايز فوق العادة
نشوء الحياة	هيسم جادو أبو سعيد
المايا	موسى ديب الخوري
فراشات وأحلام	أنطوانيت القس
العلماء العرب رواد النهضة العلمية	محمد مروان مراد